

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2000-200832

(43) Date of publication of application : 18.07.2000

(51) Int.CI. H01L 21/768

(21) Application number : 11-363949 (71) Applicant : INTERNATL BUSINESS MACH CORP <IBM>

(22) Date of filing : 22.12.1999 (72) Inventor : PAUL D AGUNERO  
REENA P BUCKWALTER  
JOHN HAMEL  
BARBARA LUTHER  
STAMPER ANTHONY K

(30) Priority

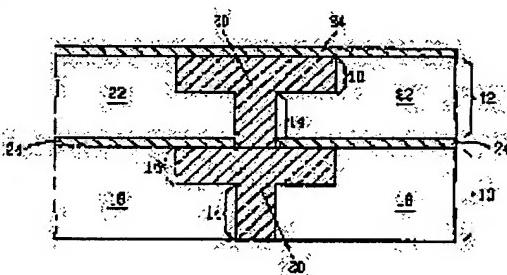
Priority number : 99 225530 Priority date : 04.01.1999 Priority country : US

## (54) FORMATION OF COPPER INTERCONNECTION STRUCTURE

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve adhesiveness of a deposited inorganic barrier film to a copper surface of a copper interconnection structure by including exposure of a copper layer in an interconnected semiconductor structure to a reducing plasma before the formation of the inorganic barrier film on the copper interconnection structure.

**SOLUTION:** A copper interconnection structure is exposed to a reducing plasma before an inorganic barrier film 24 is deposited. This reducing plasma is a non-oxidizing, i.e., oxygen-atom-free plasma atmosphere. A suitable plasma is selected from H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, and rare gas, but it is not limited to these. Further, a combination of more than two of these reducing plasmas such as N<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> is intended. N<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub> are very preferable among these reducing plasmas. The adhesiveness of the inorganic barrier layer 24 to copper 20 can be improved by using this reducing plasma exposure process.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 27.03.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-200832  
(P2000-200832A)

(43)公開日 平成12年7月18日(2000.7.18)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 01 L 21/768

識別記号

F I  
H 01 L 21/90

マーク(参考)

B

審査請求 有 請求項の数17 OL (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平11-363949

(22)出願日 平成11年12月22日(1999.12.22)

(31)優先権主張番号 09/225530

(32)優先日 平成11年1月4日(1999.1.4)

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレイション  
INTERNATIONAL BUSINESSES MACHINES CORPORATION  
アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州  
アーモンク (番地なし)

(74)代理人 100086243

弁理士 坂口 博 (外1名)

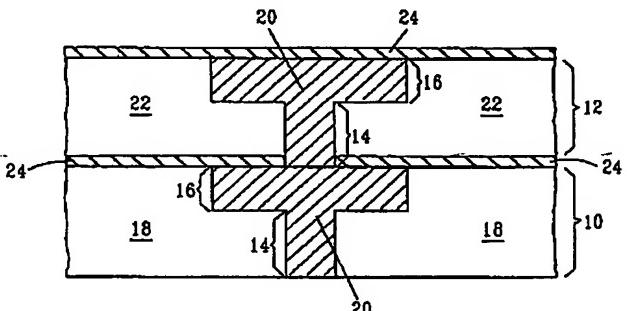
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 銅相互接続構造の形成方法

(57)【要約】

【課題】 相互接続構造内に存在する銅表面に対する無機バリア膜の接着性を改良する方法を提供する。

【解決手段】 この発明は、デュアル・ダマシン構造のような半導体の相互接続構造内に存在する銅配線または銅バイアに対する付着無機バリア膜の接着性を増大するために、H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、および希ガス、並びにこれらの混合物から選択される還元プラズマ処理工程を用いる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】銅相互接続構造の形成方法において、

(a) 銅の層を有する相互接続構造を還元プラズマに暴露する工程と、

(b) 前記暴露された銅相互接続構造上に、無機バリア膜を形成する工程と、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】前記暴露によって、前記銅相互接続構造上に形成された前記無機バリア膜の接着性が増大することを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】前記暴露工程を、H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, 稀ガス、およびそれらの混合物からなる群から選ばれた、非酸化プラズマ雰囲気内で行うことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】前記非酸化プラズマ雰囲気は、H<sub>2</sub> であることを特徴とする請求項 3 記載の方法。

【請求項 5】前記非酸化プラズマ雰囲気は、NH<sub>3</sub> であることを特徴とする請求項 3 記載の方法。

【請求項 6】前記暴露工程を、約 1 ~ 約 3 6 0 0 秒の期間、約 20 ~ 約 6 0 0 °C の温度で行うことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 7】前記暴露工程を、約 5 ~ 約 3 0 秒の期間、約 3 6 0 ~ 約 4 0 0 °C の温度で行うことを特徴とする請求項 6 記載の方法。

【請求項 8】前記暴露工程を、約 1 mTorr ~ 約 2 0 Torr の圧力、約 5 0 ~ 約 1 0, 0 0 0 W の電力、および約 1 ~ 約 1 0, 0 0 0 sccm のガス流量で行うこととを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】前記暴露工程を、約 3 ~ 約 6 mTorr の圧力、約 1 5 0 0 ~ 約 3 0 0 0 W の電力、および約 1 0 ~ 約 5 0 sccm のガス流量で、高密度プラズマ化学気相成長法により行うことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 10】前記暴露工程を、約 2 ~ 約 8 Torr の圧力、約 1 5 0 ~ 約 4 0 0 W の電力、約 1 0 0 ~ 約 2 0 0 0 sccm のガス流量で、プラズマ励起化学気相成長法により行うことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 11】前記無機バリア膜を、化学気相成長法、低圧化学気相成長法、プラズマ励起化学気相成長法、および高密度プラズマ化学気相成長法からなる群から選ばれた付着処理を用いてその場で形成することを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 12】前記無機バリア膜を、プラズマ励起化学気相成長法または高密度プラズマ化学気相成長法によりその場で形成することを特徴とする請求項 11 記載の方法。

【請求項 13】前記無機バリア膜は、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiC、水素化Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、および水素化SiCなる群から選ばれた材料からなることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 14】前記無機バリア膜は、水素化Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

または水素化SiCであることを特徴とする請求項 13 記載の方法。

【請求項 15】前記相互接続構造は、SiO<sub>2</sub>、フッ化SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、ポリイミド、ダイヤモンド、ダイヤモンド状炭素、シリコンポリマー、パラリンポリマー、およびフッ化ダイヤモンド状炭素からなる群から選ばれた誘電体材料を有することを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 16】前記誘電体材料は、SiO<sub>2</sub> であることを特徴とする請求項 15 記載の方法。

【請求項 17】前記銅の層は、レンチの内部に形成されることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

### 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、相互接続半導体構造に関し、特に、このような相互接続構造の銅線または銅パイアに対するSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>のような無機バリア膜の接着性を改良する方法に関する。用語“相互接続構造”は、この明細書の中では広い意味で、銅相互接続メタラジ(metal interlayer)を有するあらゆる半導体構造を含むものとして使用される。したがって、この発明は、ダマシン構造(シングルおよびデュアル)、メモリセル・キャパシタ、および論理、メモリ、入力/出力応用のための他の配線応用における使用に応用できる。

### 【0002】

【従来の技術】半導体工業においては、アルミニウムおよびアルミニウム合金が、従来の相互接続メタラジとして用いられてきた。アルミニウムをベースとするメタラジは、過去長年にわたり金属の相互接続として使用される選択材料であるが、現在、アルミニウムが、半導体デバイスの回路密度および回路スピードの増大に伴い必要とされる要求に合致するかどうかという問題が存在する。これらの増大する問題のために、他の材料が、アルミニウムをベースとするメタラジに対し可能な代替物として検討されてきた。アルミニウム・メタラジに対し可能な代替物として現在考えられている非常に有利な材料の1つが銅である。これは、銅が、アルミニウムに比べて、エレクトロマイグレーション障害に対してさらに低い感受性と、低い抵抗率とを示すためである。

【0003】これらの利点にもかかわらず、銅は、以降の処理工程の際に、周囲の誘電体材料の中へ容易に拡散するという問題を有する。銅の拡散を避けるためには、銅相互接続部は、多くの場合、保護バリア層でキャップされる。キャップする方法の1つは、銅相互接続部の側壁および底部に沿った、タンタルまたはチタン、あるいはそれらの合金よりなる導電性バリア層の使用を含んでいる。銅相互接続部の上面をキャップするためには、窒化シリコン(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)のような誘電体材料が典型的に用いられる。

【0004】銅の付着後に低温処理する必要があるため

に、窒化シリコン層は、450°C以下の温度で付着される。したがって、窒化シリコンの付着は、プラズマ励起化学気相成長法（PECVD）または高密度プラズマ化学気相成長法（HDP CVD）を用いて、典型的に行われる。これらの方では、付着温度は一般的に約200～約500°Cである。

【0005】PECVDおよびHDP CVDの窒化シリコンは、半導体デバイス工業において多くの他の応用に用いられてきた。しかし、銅相互接続部に窒化シリコンキヤップ（保護膜）を用いる場合、通常のPECVDまたはHDP CVDの窒化シリコンは、信頼性の問題を生じる。特に、通常のPECVDまたはHDP CVD処理を用いて付着された窒化シリコン膜は、一般的に銅表面に対し劣った接着性を示す。例えば、特に、以降の誘電体の付着、メタライゼーション、および化学機械研磨の際に、ある部分の窒化膜は、剥離し、パターニングされた銅配線の上にブリスト（blisters）を形成する。

【0006】これらの結果は、実際の製造プロセスにおいて、窒化シリコン膜が銅に対して接着しうる程度を示している。銅メタラジの上に付着された後に、一般的に、絶縁層が窒化シリコン膜の上に付着される。しかし、窒化膜の上への絶縁層の付着は、応力を生じ、この応力は、窒化シリコン膜を、銅表面から剥離させる。この剥離は、金属間誘電体のリフト、銅線のリフト、およびキヤップされていない銅線からの銅拡散を含むいくつかの破壊的障害メカニズムを生じる。このような結果は、デュアル・ダマシン処理において、一般的に見られる。デュアル・ダマシン処理では、窒化シリコンRIE停止層の剥離が、一般的に、銅の化学機械研磨（CMP）の際に生じる。

【0007】従来技術の銅に対する窒化物の接着性は、銅をシリコンと反応させることによって、銅表面をシリサイド化することを必要とする。この従来技術の方法は、2つの欠点を有する。すなわち、銅と反応し、銅の中に拡散するシリコンのために銅のシート抵抗を増大すること、および不完全なまたは部分的な銅シリサイドの形成のために銅に対する窒化物の接着性に限界があるということである。

【0008】従来技術の銅相互接続構造についての上述した欠点のために、相互接続半導体構造に存在する銅表面に対する無機バリア膜の接着性を増大する新しい方法を開発する必要性が依然として存在する。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】この発明の目的は、相互接続構造の銅表面に対する、付着無機バリア膜の接着性を改良する方法を提供することにある。

【0010】この発明の他の目的は、以降の相互接続処理工程の際に、付着無機バリア膜が、相互接続構造の銅表面から剥離しない方法を提供することにある。

【0011】さらにこの発明の他の目的は、銅配線または銅バイアに対するSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>エッチング停止層の接着性を改良する、デュアル・ダマシン処理に用いることのできる方法を提供することにある。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】これらおよび他の目的と利点を、この発明においては、銅相互接続構造上に無機バリア膜を形成する前に、相互接続半導体構造内の銅の層を還元プラズマに暴露する工程を含む方法を用いることにより、達成することができる。特に、相互接続構造の銅表面上の付着無機バリア膜の接着性を改良する、この発明の方法は、(a)少なくとも1つの銅の層を有する相互接続半導体構造を還元プラズマに暴露する工程と、(b)前記プラズマに暴露された銅相互接続構造の上に、無機バリア膜を形成する工程とを含む。

【0013】この発明の方法によれば、暴露工程、すなわち工程(a)は、H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, He, Ne, Ar, Kr, Xeのような希ガス、およびそれらの混合物からなる群から選ばれた、少なくとも1種の非酸化ガスを含むプラズマ内で行われる。酸化雰囲気は、相互接続構造内に存在する銅を酸化させ、銅界面の窒化物を劣化させて、酸化雰囲気がこの発明から除外されることが分かる。

【0014】この発明において意図される適切な相互接続構造は、平板キャパシタと、クラウン・キャパシト、スタック・キャパシタと、他の同様なキャパシタとを有するメモリセル・キャパシタ、シングルおよびデュアル・ダマシン構造、複数のバイアおよび金属線を有する多層配線レベル、および他の同様の相互接続構造を含むが、これらに限られるものではない。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】相互接続半導体構造に存在する銅表面上の付着無機バリア膜の接着性を改良する方法であるこの発明を、図1を参照してより詳細に説明する。この発明は、デュアル・ダマシン構造のみを説明するが、銅メタラジを有し、保護バリアまたはエッチング停止層として、例えばSiCまたはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>のよう付着無機バリア膜を用いるすべての相互接続半導体構造に適用できることを強調しておく。

【0016】図1は、この発明の方法を適用できる典型的なデュアル・ダマシン構造を示す。特に、このデュアル・ダマシン構造は、下部相互接続レベル10および上部相互接続レベル12を有する。各レベルは、バイア領域14、および金属線または配線領域16を有する。下部相互接続レベル10は、開口またはトレチ（銅20で充填されている）を有する誘電体18を有する。下部相互接続レベル10の上部には、上部相互接続レベル12があり、このレベルは、下部相互接続レベルの銅配線につながるトレチ領域を持つ誘電体22を有している。上部相互接続レベル12のトレチ領域は、銅20

で充填される。各相互接続レベル間には、R I E 停止層、保護バリア膜、またはそれら両方として役立つ無機バリア層<sup>24</sup>がある。

【0017】図に示されるデュアル・ダマシン構造は、バリア層<sup>24</sup>を形成する前に、相互接続構造にこの発明の方法（後に、より詳細に説明される）を適用することを除いて、当業者に周知の典型的なダマシン処理工程を用いて作製される。

【0018】誘電体層<sup>18</sup>、<sup>22</sup>は、同一または異なる、絶縁性の無機材料または有機材料とすることができます。適切な誘電体は、SiO<sub>2</sub>、フッ化SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、ポリイミド、ダイヤモンド、ダイヤモンド状炭素、シリコンポリマー、パラリン（paralyn）ポリマー、フッ化ダイヤモンド状炭素、および他の同様な誘電体化合物を含むが、これらに限られるものではない。これらの誘電体材料のうち、誘電体層<sup>18</sup>、<sup>22</sup>は、SiO<sub>2</sub>から成ることが好ましい。誘電体層は、ドープするあるいはドープしないこともできる。ドープする場合には、ドーパントを、ホウ素、フッ素、リン、重水素、シリコン、Ge（ゲルマニウム）、または他の同様なドーパントとすることができる。

【0019】バリア層<sup>24</sup>は、バイアのためのR I E 停止層として役立ち、あるいは構造の最外層として存在するときには、保護バリア層として役立つ無機材料である。バリア層<sup>24</sup>のための適切な材料は、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、SiC、水素化Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、および水素化SiCを含むが、これらに限られるものではない。これらの材料のうち、この発明においては、バリア層として水素添加形態のSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、SiCを用いることが好ましい。また、選択的なR I E 停止層を、金属線<sup>16</sup>とバイア<sup>14</sup>との間に挿入することもできる（この実施例は、図面に示されていない）。

【0020】バリア層<sup>24</sup>は、通常の気相成長方法を用いて形成される。通常の気相成長方法は、化学気相成長法、低圧化学気相成長法、高圧化学気相成長法、高密度プラズマ化学気相成長法、プラズマ励起化学気相成長法、および他の同様の気相成長法を含むが、これらに限られるものではない。これらの付着方法のうち、プラズマ励起化学気相成長法（PECVD）および高密度プラズマ化学気相成長法（HDP CVD）は、バリア層を付着する好適な方法である。

【0021】図面に示されるデュアル・ダマシン構造、および他に考えられるあらゆる銅相互接続構造は、当業者に周知の方法を用いて作製されることを、もう一度強調しておく。このような方法は周知であり、この発明を理解するためには重大でないため、同じ詳細な議論をここでは行わない。この発明の相互接続構造と従来技術の相互接続構造とを作製することにおいての唯一の相違は、無機バリア層<sup>24</sup>を付着する前に、銅相互接続構造を、以下に定義される条件下で還元プラズマに暴露する

ことである。

【0022】特に、この発明において用いられる還元プラズマは、非酸化の、すなわち酸素原子を含まないプラズマ雰囲気である。この発明において用いられる適切な還元プラズマは、H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、および希ガスを含むが、これらに限られるものではない。また、N<sub>2</sub>およびH<sub>2</sub>のような、これらの還元プラズマの2種以上の組み合わせも、意図される。これらの還元プラズマのうち、H<sub>2</sub>およびNH<sub>3</sub>は、この発明においては非常に好適である。

【0023】この発明の還元プラズマ暴露工程は、プラズマガスを発生できる通常のプラズマ付着装置で行われる。特に、この発明の暴露工程は、約1～約3600秒の期間、約20～約600℃の温度で行われる。また、3600秒より長い暴露時間も、意図される。さらに好ましくは、この発明の暴露工程は、約5～約30秒の期間、約360～約400℃の温度で行われる。好ましくは、加熱は、還元プラズマの存在下で行われる。

【0024】さらに、この発明の暴露工程は、約1 mTorr～約20 Torrの圧力、約50～約10,000Wの電力、および約1～約10,000 sccmのガス流量で行われる。厳密な条件は、バリア層の形成に用いられる付着処理の種類による。例えば、高密度プラズマ化学気相成長法（HDP CVD）が使用される場合、この発明の暴露工程は、約3～約6 mTorrの圧力、約1500～約3000 Wの電力、および約10～約50 sccmのガス流量で行われる。一方、プラズマ励起化学気相成長法（PECVD）が用いられるとき、この発明の暴露工程は、約2～約8 Torrの圧力、約150～約400 Wの電力、および約100～約2000 sccmのガス流量で行われる。

【0025】暴露工程直後に、真空状態を中断することなく、無機バリア層が、前述した付着方法のいずれかを用いて銅の上に形成されることに注意されたい。この発明の方法、特に、還元プラズマ暴露工程は、無機バリア層が、今までに従来技術で得られたよりも抵抗を増加させることなく、銅配線または銅バイアに対する改良された接着性を有する銅相互接続構造を与える。したがって、接着性が、この発明の方法を用いて改良されるため、このように形成された銅相互接続構造は、化学機械研磨のような以降の処理工程の際に、従来技術の相互接続構造で通常直面する、あらゆる剥離の問題を示さない。さらに、この発明の方法を用いて製造された相互接続構造は、それらの抵抗増加をほとんど示さない。

【0026】以下の実施例は、この発明の範囲を説明するために与えられる。この実施例は、実施された発明だけを示すために与えられているので、この発明は、この実施例に限られるものではない。

【0027】

【実施例】この発明の方法を用いて得られる、無機気相

成長バリア層と銅配線との間の改良された接着性を説明するために、一連の実験が、 $\text{SiO}_2$  内にダマシンにより作製された銅線を有する 200 mm の Si ウエハ上で行われた。特に、デュアル・ダマシン構造の銅配線上に  $\text{Si}_3\text{N}_4$  を付着する前に、表面が、無処理 (CE 1)、酸化プラズマガス雰囲気内の処理 (CE 2)、またはこの発明の方法による還元プラズマ内での処理を含む種々の方法を用いて処理されたことを除いて、デュアル・ダマシン構造を、標準的なダマシン処理条件を用いて準備した。付着前の処理、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  付着、金属間

$\text{Si}_3\text{N}_4$ 付着前の処理	圧力	高周波出力 (W)	電極	温度 (°C)	付着 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 接着性	CMP 後の $\text{Si}_3\text{N}_4$ 接着性	434 nm の反射率
無処理 (CE 1)	—	—	—	—	不良	不良	0.50
PECVD $\text{NH}_3$	5 Torr	300	1 cm 平行平板	260	良	良に近い	0.58
PECVD $\text{NH}_3$	5 Torr	300	1 cm 平行平板	400	良	良に近い	0.58
PECVD $\text{N}_2$	5 Torr	300	1 cm 平行平板	250	良	不良	測定不能
PECVD $\text{N}_2\text{O} + \text{N}_2$ (1:1) (CE 2)	5 Torr	300	1 cm 平行平板	250	不良	不良	測定不能
HDPCVD $\text{N}_2 + \text{H}_2$	5 mTorr	2000	誘導結合	375	良	良	0.55
HDPCVD $\text{H}_2$	5 mTorr	2000	誘導結合	375	良	良	0.69
HDPCVD $\text{N}_2$	5 mTorr	2000	誘導結合	375	良	良	0.59
HDPCVD $\text{NH}_3$	5 mTorr	2000	誘導結合	375	良	不良	0.53

【0029】前述の結果は、この発明の還元プラズマ暴露工程を用いることにより、銅に対する  $\text{Si}_3\text{N}_4$  バリア層の改良された接着性を得ることができることを明確に示している。比較例 (CE 1 および CE 2) においては、接着性が劣り、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  付着膜の剥離が観察された。

【0030】この発明を、この発明の好適な実施例に関して説明したが、形態および詳細における前述および他の変更を、この発明の主旨と範囲から逸脱することなく行うことができることは、当業者には理解されるであろう。

【0031】まとめとして、この発明の構成に関して以下の事項を開示する。

(1) 銅相互接続構造の形成方法において、(a) 銅の層を有する相互接続半導体構造を還元プラズマに暴露する工程と、(b) 前記暴露された銅相互接続構造上に、無機バリア膜を形成する工程と、を含むことを特徴とする方法。

(2) 前記暴露工程を、 $\text{H}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{NH}_3$ 、希ガス、およびそれらの混合物からなる群から選ばれた、非酸化プラズマ雰囲気内で行うことを特徴とする (1) に記載の方法。

(3) 前記非酸化プラズマ雰囲気は、 $\text{H}_2$  であることを特徴とする (2) に記載の方法。

(4) 前記非酸化プラズマ雰囲気は、 $\text{NH}_3$  であることを特徴とする (2) に記載の方法。

付着、およびデュアル・ダマシン銅配線／銅バイア作製の後に、各構造は、剥離について光学的に調べられた。これら実験の結果は、以下の表 1 にまとめられている。表 1 において、実質的にほとんど剥離がないことは“良”と示され、すなわち接着性が改良されており、“不良”は実質的に接着性のないことを示している。また、窒化物の接着性が改良されたことにともない、銅表面はさらに反射的になったことも観察された。

### 【0028】

【表 1】

(5) 前記暴露工程を、約 1 ~ 約 3600 秒の期間、または 3600 秒より長い期間、約 20 ~ 約 600 °C の温度で行うことの特徴とする (1) に記載の方法。

(6) 前記暴露工程を、約 5 ~ 約 30 秒の期間、約 360 ~ 約 400 °C の温度で行うことの特徴とする (5) に記載の方法。

(7) 前記暴露工程を、約 1 mTorr ~ 約 20 Torr の圧力、約 50 ~ 約 10,000 W の電力、および約 1 ~ 約 10,000 sccm のガス流量で行うことの特徴とする (1) に記載の方法。

(8) 前記暴露工程を、約 3 ~ 約 6 mTorr の圧力、約 1500 ~ 約 3000 W の電力、および約 10 ~ 約 50 sccm のガス流量で、高密度プラズマ化学気相成長法により行うことの特徴とする (1) に記載の方法。

(9) 前記暴露工程を、約 2 ~ 約 8 Torr の圧力、約 150 ~ 約 400 W の電力、約 100 ~ 約 2000 sccm のガス流量で、プラズマ励起化学気相成長法により行うことの特徴とする (1) に記載の方法。

(10) 前記銅相互接続構造は、キャパシタ構造、ダマシン構造、または複数のバイアおよび金属線を有する多層配線レベルであることを特徴とする (1) に記載の方法。

(11) 前記銅相互接続構造を、銅線および銅バイアを有する、シングルまたはデュアル・ダマシン構造であることを特徴とする (10) に記載の方法。

(12) 前記無機バリア膜を、化学気相成長法、低圧化学気相成長法、プラズマ励起化学気相成長法、および高密度プラズマ化学気相成長法からなる群から選ばれた付着処理を用いてその場で形成することを特徴とする(1)に記載の方法。

(13) 前記無機バリア膜を、プラズマ励起化学気相成長法または高密度プラズマ化学気相成長法によりその場で形成することを特徴とする(12)に記載の方法。

(14) 前記無機バリア膜は、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{SiC}$ 、水素化 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、または水素化 $\text{SiC}$ からなることを特徴とする(1)に記載の方法。

(15) 前記無機バリア膜は、水素化 $\text{Si}_3\text{N}_4$ または水素化 $\text{SiC}$ であることを特徴とする(14)に記載の方法。

(16) 前記相互接続構造は、 $\text{SiO}_2$ 、フッ化 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、ポリイミド、ダイヤモンド、ダイヤモンド状炭素、シリコンポリマー、パラリンポリマー、およびフッ化ダイヤモンド状炭素からなる群から選ばれた誘電体材料を有することを特徴とする(1)に記載の

方法。

(17) 前記誘電体材料は、 $\text{SiO}_2$ であることを特徴とする(16)に記載の方法。

(18) 前記銅の層は、トレンチの内部に形成されることを特徴とする(1)に記載の方法。

(19) 前記暴露によって、前記銅相互接続構造上に形成された前記無機バリア膜の接着性が増大することを特徴とする(1)記載の方法。

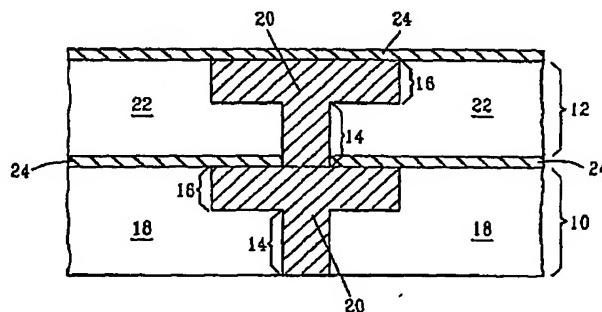
【図面の簡単な説明】

【図1】典型的なデュアル・ダーマン構造の断面図である。

【符号の説明】

- 10 下部相互接続レベル
- 12 上部相互接続レベル
- 14 バイア領域
- 16 金属線または配線領域
- 18, 22 誘電体
- 20 銅
- 24 無機バリア層

【図1】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ポウル・ディー・アグネロ  
アメリカ合衆国 12590 ニューヨーク州  
ワッピングガーズ フォールズ ブレイ  
ファーム レーン 17

(72)発明者 リーナ・ピー・ブックウォルター  
アメリカ合衆国 12533 ニューヨーク州  
ホープウェル ジャンクション コーチ  
ランターン ドライブ 9

(72)発明者 ジョン・ハメル  
アメリカ合衆国 12545 ニューヨーク州  
ミルブルック キルバーン ロード  
117

(72)発明者 パーバラ・ルーサー  
アメリカ合衆国 10516 ニューヨーク州  
コールド スプリング クノールウッド  
レーン 1

(72)発明者 アンソニー・ケイ・スタンパー  
アメリカ合衆国 05495 バーモント州  
ウイリストン エヴァーグリーン ロード